

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 9.10.2001

E T U O I K E U S T O D I S T U S
P R I O R I T Y D O C U M E N T



Hakija
Applicant

Nokia Mobile Phones Ltd
Espoo

Patentihakemus nro
Patent application no

20002652

Tekemispäivä
Filing date

04.12.2000

Kansainvälinen luokka
International class

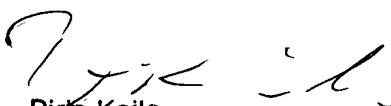
H03J

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä suodattimen virittämiseksi"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.


Pirjo Kaila
Tutkimussihteeri

Maksu 300,- mk
Fee 300,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Menetelmä suodattimen virittämiseksi

Nyt esillä oleva keksintö kohdistuu oheisen patenttivaatimuksen 1 johdanto-osassa esitettyyn menetelmään suodattimen virittämiseksi. Keksintö kohdistuu lisäksi oheisen patenttivaatimuksen 8 johdanto-osassa esitettyyn suodattimeen, oheisen patenttivaatimuksen 10 johdanto-osassa esitettyyn elektroniikkalaitteeseen sekä oheisen patenttivaatimuksen 19 johdanto-osassa esitettyyn langattomaan viestintälaitteeseen.

Suodattimia käytetään lukuisissa elektronisissa laitteissa erilaisten signaalien käsittelyyn. Suodattimia voidaan jaotella suodattimen taajuusvasteen perusteella, eli sen perusteella, miten suodatin läpäisee tiettyjä taajuuksia. Tunnetaan alipäästösuodattimia, joissa sisääntulevasta signaalista suodatetaan pois tietyn rajataajuuden yläpuolella olevat signaalit. Ylipäästösuodattimessa suoritetaan vastaavasti tietyn rajataajuuden alapuolella olevien signaaleiden suodatus. Kaistanpäästösuodattimessa suodattimen läpäisevät tietyn päästökaistan alueella olevat signaalit ja vastaavasti kaistanestosuodattimella estetään tietyllä taajuusalueella olevien signaalien pääsemisen suodattimen läpi. Alipäästösuodattimella on taajuusvaste $H_{LP}(j\omega)=1/(1+j\omega\tau)$ Kaistanpäästösuodatin voidaan toteuttaa esimerkiksi alipäästösuodattimesta siirtämällä päästökaista halutulle keskitaajuudelle. Tällöin alipäästösuodattimen reaaliset ominaisuudet säilyvät. Tällä tavalla toteutetulla kaistanpäästösuodattimella on päästökaista sekä positiivisella taajuusalueella että negatiivisella taajuusalueella. Tämä voidaan ilmaista myös seuraavana muunnoksena: $j\omega \rightarrow j\omega_c(\omega/\omega_c - \omega_c/\omega)$. Tässä tapauksessa kaistanpäästösuodattimella on taajuusvaste, jossa keskitaajuus on kohdissa $\omega=\pm\omega_c$. Reaalisten suodattimien lisäksi on kehitetty kompleksisia suodattimia. Nämä voidaan aikaansaada lineaarimuunnoksella ($j\omega \rightarrow j\omega-j\omega_c$), jossa reaalisen alipäästösuodattimen taajuuskaista siirretään halutulle keskitaajuudelle. Tällaisella kompleksisella suodattimella on tällöin yksi päästökaista $H_{BP}(j\omega)=1/(1+(j\omega-j\omega_c)\tau)$ positiivisella taajuudella $\omega = +\omega_c$. Päästökaistan kaistanleveys on olennaisesti sama kuin alipäästösuodattimen kaistanleveys. Kompleksisia suodattimia käytetään erityisesti suodattamaan selektiivisesti reaalisen tai kompleksisen signaalin positiivisia tai

2

negatiivisia taajuuksia. Kuvassa 1a on esitetty reaalisen alipäästösuoottimen taajuusvastetta ja kuvassa 1b on esitetty kompleksisen kaistanpäästösuoottimen taajuusvastetta. Kompleksisesta kaistanpäästösuoottimesta ja kompleksisen kaistanpäästösuoottimen päästökaistasta voidaan käyttää myös nimystä kompleksinen resonaattori.

- 5 Ensimmäisen asteen reaalisen alipäästösuoottimen siirtofunktio voidaan esittää muodossa $H_{LP}(j\omega) = 1/(1+j\omega\tau)$ ja vastaavasti toisen asteen kompleksisen kaistanpäästösuoottimen siirtofunktio voidaan esittää muodossa $H_{BP}(j\omega) = 1/(1+(j\omega-j\omega_0)\tau)$. Koska reaalisella suodattimella on aina vähintään yksi kompleksikonjugaatinapapari, muodostaa reaalinen suodatin alipäästösuoottufunktio, jonka keskitaajuus on nollataajuudella. Kompleksisella suodattimella on 10 alipäästösuoottufunktiosomaisuus, jonka keskitaajuutena on jokin taajuus ω_c . Koska kompleksisen suodattimen päästökaista on ainoastaan yhdellä puolella nollataajuusakselia, muodostaa kompleksinen suodatin 15 käytännössä kompleksisen kaistanpäästösuoottufunktio, jonka keskitaajuus sijaitsee taajuudella ω_c . Aikavakio τ määrittää 20 kompleksisen suodattimen päästökaistan rajataajuuden ($j\omega\tau$) ja keskitaajuuden ($j\omega_c\tau$). Mikäli aikavakiota τ muutetaan kompleksisen suodattimen tapauksessa, sekä rajataajuus että keskitaajuus muuttuvat, mutta kompleksisen suodattimen hyvyysarvo (Q-arvo) 25 pysyy muuttumattomana. Kuvia 1a ja 1b vertailemalla havaitaan, että kompleksisen suodattimen ominaisuudet poikkeavat reaalisen suodattimen ominaisuuksista. Tämä on eräs syy siihen, miksi kompleksisia suodattimia ja reaalisuodattimia voidaan virittää eri tavalla.
- 30 Elektroniikkalaitteiden integrointiasteen kasvaessa sekä kokovaatimusten muutenkin tiukentuessa on suodattimia toteutettu entistä enemmän integroitujen piiriratkaisujen avulla. Kuitenkin suodattimessa tarvitaan aikavakoiden muodostamista, mikä käytännössä on usein toteutettu käytämällä vastuksia ja kondensaattoreita. Integroiduille 35 piireille muodostettujen vastusten ja kondensaattoreiden toleranssit ovat käytännössä suhteellisen suuret, jolloin integroiduille piireille toteutettujen suodattimien taajuusvaste voi vaihdella merkittävästi

samankin valmistussarjan eri integroiduissa piireissä. Tämä on eräs syy siihen, että sellaiset integroiduilla piireillä toteutetut suodattimet, joissa vaaditaan suurta tarkkuutta, on käytännössä toteutettu säädetävinä suodattimina. Tunnetun tekniikan mukaisten suodattimien sääätö on kuitenkin ongelmallista johtuen mm. siitä syystä, että virityksessä käytettävien komponenttien vaatima tila integroidulta piiriltä on suhteellisen suuri ja/tai virityksessä on käytettävä ulkoisia komponentteja. Lisäksi joissakin tunnetun tekniikan mukaisissa viritysmenetelmissä on se epäkohta, että ne lisäävät elektroniikkalaitteen tehon kulutusta merkittävästi. Viritettävyys nostaa yleensä myös tuotantokustannuksia sekä pidentää tuotantoon tarvittavaa aikaa. Käytännössä suodattimien viritys tunnetun tekniikan mukaisissa reaalissa suodattimissa toteutetaan esimerkiksi siten, että integroidulle piirille muodostetun virityskondensaattorin kapasitanssia muutetaan lasersäteen avulla. Käytännössä tämä virittäminen on tehtävä laitteen tuotantovaiheessa ja lisäksi tällainen menetelmä on hidaskalvoa ja kallis. Tämä menetelmä ei myöskään mahdollista virityksen toistettavuutta ja käytön aikaista viritystä. Tunnetun tekniikan mukaisissa viritysmenetelmissä ei myöskään voida huomioida ympäristön lämpötilamuutosten vaikutusta suodattimen taajuusvasteesseen.

Nyt esillä olevan keksinnön eräänä tarkoituksesta on aikaansaada menetelmä suodattimen virittämiseksi. Keksintö perustuu siihen ajatukseen, että suodattimen virittämiseksi suodattimeen syötetään referenssignaali, mitataan suodattimen lähdössä olevan signaalin voimakkuutta ja säädetään referenssignaalin taajuutta ja/tai suodattimen aikavakiota ja/tai resonaattorin taajuutta, kunnes suodattimen lähtösignaalia voidaan päättää virityksen olevan kohdallaan. Täsmällisemmin ilmaistuna nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle menetelmälle on pääasiassa tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle suodattimelle on pääasiassa tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 8 tunnusmerkkiosassa. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle elektroniikkalaitteelle on pääasiassa tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 10 tunnusmerkkiosassa. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle langattomalle viestintälaitteelle on vielä

4

pääasiassa tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 19 tunnusmerkkiosassa.

- 5 Nyt esillä olevalla keksinnöllä saavutetaan merkittäviä etuja tunnetun teknikan mukaisiin ratkaisuihin verrattuna. Keksinnön mukaista menetelmää käytettäessä voidaan suodatin, kuten kompleksinen suodatin, virittää ilman ulkopuolisten komponenttien tarvetta, koska suodatin ja virityksessä tarvittavat komponentit on sijoitettu integroidulle piirille. Myös virystarkkuutta saadaan paremmaksi ja nopeammaksi kuin tunnetun teknikan mukaisissa viritysmenetelmissä. Virityksen yhteydessä ei myöskään tarvita ulkopuolisia testisignaaleja, koska kyseessä on itsevirittyvä järjestelmä. Lisäksi viritys voidaan suorittaa väliajoin automaatisesti tai esimerkiksi silloin, kun laite kytketään päälle. Keksinnön mukainen menetelmä mahdollistaa mm.
- 10 15 kompleksisen suodattimen käytön esimerkiksi välitaajuussuodattimen tilalla, jolloin langattoman viestintälaitteen kokoa voidaan pienentää ja piiripinta-alaa säästää. Nyt esillä oleva keksintö parantaa myös suodattimen ja suodatinta käyttävien laitteiden luotettavuutta ja laatuua. Lisäksi laitteiden asennus- ja tuotantomuksissa voidaan säästää,
- 20 25 koska tuotantovaiheessa ei tarvitse suorittaa suodattimien virystä. Lisäksi se, että keksinnön mukaisen suodattimen yhteydessä ei tarvita ulkopuolisia virityskomponentteja, lisää laitteen käyttövarmuutta, koska tällaisten ulkopuolisten komponenttien juotokset saattavat irrota laitteen vanhentuessa ja mahdollisten iskujen ja tärinän kohdistuessa laitteeseen. Keksinnön mukainen suodatin on lisäksi lämpötilan suhteen stabiilipi, jolloin se ei ole niin herkkä lämpötilan vaihteluille. Keksinnön mukaisella viritysmenetelmällä signaalit laadua saadaan parannettua.
- 30 35 Nyt esillä olevaa keksintöä selostetaan seuraavassa tarkemmin viitaten samalla oheisiin piirustuksiin, joissa
- kuva 1a esittää reaalisen alipäästösuođattimen taajuusvastetta,
- kuva 1b esittää kompleksisen kaistanpäästösuođattimen taajuusvastetta,

5

- kuva 2 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista kompleksisen kaistanpäästösuoottimen päästökaistan etsintämenetelmää taajuus/amplitudikoordinaatistossa,
- 5 kuva 3 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen elektroniikkalaitteen vastaanotinta pelkistettynä lohkokaaviona,
- 10 kuva 4 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen kompleksisen suodattimen kytkentäkaaviota.
- 15 Selostetaan seuraavaksi kuvassa 3 esitettyä keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen elektroniikkalaitteen, kuten langattoman viestintälaitteen, vastaanotinta 1. Vastaanotin 1 käsittää antennin 2, jonka kautta vastaanotettava signaali johdetaan pienikohinaiseen suurtaajuusvahvistimeen 3 (LNA, Low Noise Amplifier) vahvistettavaksi. Vahvistettu signaali johdetaan sekoittimeen 4 (Mixer). Sekoittimessa 4 suoritetaan vahvistetun signaalin sekoittaminen paikallisoskillaattorin 12 muodostamaan paikallisoskillaattorisignaaliin. Tästä paikallisoskillaattorisignaalista on edullisesti vaiheensiirtolohkossa 13 muodostettu vielä toinen paikallisoskillaattorisignaali, jonka taajuus on sama mutta vaihe-ero n. 90° verrattuna paikallisoskillaattorin muodostamaan signaaliin. Tällöin sekoittimen 4 ulostulosta saadaan joko välitaajuudella tai kantataajuudella oleva signaali, joka käsittää 20 kaksi erivaiheista signaalia. Tällaisia signaaleja nimitetään tavallisesti kvadratuurisignaaleiksi I (In phase) ja Q (Quadrature phase). Sekoitus tuloksena muodostetut, edullisesti differentiaaliset kvadratuurisignaalit mixI+, mixI-, mixQ+, mixQ- johdetaan suodattimeen 5 suodatettavaksi. Suodattimen 5 ulostulossa on edullisesti differentiaalinen kvadratuuri-signaali outI+, outI-, outQ+, outQ-, johon vaikuttaa mm. suodattimen 25 taajuusvaste. Mikäli sekoittimessa 4 on muodostettu välitaajuus-signaali, pyritään suodattimessa 5 poistamaan tästä välitaajuus-signaalista halutun päästökaistan ulkopuolella olevat signaalit. Tällöin suodatin 5 toimii kaistanpäästösuoottimena, jonka päästökaista on 30 pyritty asettamaan välitaajuudelle. Päästökaistan keskitaajuutta ja leveyttä voidaan muuttaa, kuten myöhemmin tässä selityksessä esitetään. Suodattimesta 5 lähtevä signaali johdetaan 35

6

analogia/digitaalimuuntimeen 6 (ADC, Analog-to-Digital Converter), jossa signaalista muodostetaan digitaalisia näytteitä. Lisäksi suodatettu signaali johdetaan signaalivoimakkuusilmaisimeen 7 (RSSI, Received Signal Strength Indicator). Tämän signaalivoimakkuusilmaisimen 7 tarkoituksesta on muodostaa vastaanotetun signaalin voimakkuuteen verrannollinen signaali, jonka perusteella pyritään eliminoimaan vastaanotetun signaalin voimakkuusvaihteluiden vaikutus hyötyinformaation ilmaisuun. Analogia/digitaalimuunnin 6 voi käsittää omat muunninlohkot suodatetun signaalin ja signaalivoimakkuusilmaisimen 7 muodostaman signaalin muuntamiseksi digitaaliseen muotoon, tai mikäli analogia/digitaalimuuntimessa ei ole erillisiä muuntimia, voidaan kytkimellä tai vastaavalla (ei esitetty) ohjata muunnettavaksi kulloinkin haluttu signaali. Kellosignaalilla CLK ohjataan analogia/digitaalimuuntimen näytteenottohetkiä ja näytteenottotaajuutta. Digitaaliset näytteet johdetaan ohjauslohkoon 8, joka käsittää mm. vastaanottimen kantataajuuusosan (ei esitetty).

Ohjauslokhossa 8 suoritetaan digitaaliseen muotoon muunnetun vastaanotetun signaalin jatkokäsittelyvaiheet sinänsä tunnetusti. Lisäksi ohjauslokhossa 8 tutkitaan mm. signaalivoimakkuusilmaisimen 7 muodostamasta signaalista otettuja näytteitä ja niiden perusteella päätellään mahdolliset signaalivoimakkuusvaihtelut. Nämä signaalivoimakkuusvaihtelut voidaan digitoidusta hyötsignaalista eliminoida esim. suorittamalla näytteille kertolasku tarvittaessa. Eräs toinen mahdollisuus on se, että signaalivoimakkustiedon perusteella säädetään vahvistimen 2 vahvistusta.

Suodatin 5, jonka eräs edullinen suoritusmuoto on esitetty kuvassa 4, on edullisesti kompleksinen kaistanpäästösuođatin, mutta keksinnön mukaista viritysmenetelmää voidaan soveltaa myös muun tyypisten suodattimien yhteydessä. Kuvan 4 mukainen keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukainen suodatin 5 käsittää olennaisesti identtiset suodatinlohkot 5a, 5b. Suodatinlokoille 5a, 5b signaalit johdetaan edullisesti differentiaalsignaaleina, ja suodattimen lähtösignaalit ovat edullisesti differentiaalsignaaleja. On kuitenkin selvää, että nyt esillä olevaa keksintöä voidaan soveltaa muidenkin kuin differentiaalisten kvadratuurisignaalien yhteydessä. Ensimmäisen

- suodatinlohkon 5a tarkoituksesta on suorittaa ensimmäisen signaalin mixI+, mixI-, refl+, refl- suodatus ja vastaavasti toisen suodatinlohkon 5b tarkoituksesta on suorittaa toisen, vaihesiirretyn signaalin mixQ+, mixQ-, refQ+, refQ- suodatus. Tällöin ensimmäisen suodatinlohkon 5a 5 differentiaalilähdestä outl+, outl- saadaan kaistanpäästösuodatettu I-signaali ja vastaavasti toisen suodatinlohkon 5b differentiaalilähdestä outQ+, outQ- saadaan kaistanpäästösuodatettu Q-signaali. Kaistanpäästösuodatettujen I- ja Q-signaalien taajuus on joko negatiivisella taajuusalueella tai positiivisella taajuusalueella.
- 10 Suodatinlohkot 5a, 5b käsittävät tässä edullisessa suoritusmuodossa differentiaalivahvistimen 11a, 11b, vastukset R1a, R1b, R2a, R2b, R3a, R3b; R1c, R1d, R2c, R2d, R3c, R3d, ja kondensaattorit C1a, C1b, C1c, C1d. Oletetaan, että vastusten R1a, R1b, R1c, R1d 15 resistanssit ovat keskenään olennaisesti samat, jolloin selvyyden vuoksi voidaan näistä vastuksista käyttää myös merkintää R1. Vastaavasti vastusten R2a, R2b, R2c, R2d resistanssit ovat keskenään olennaisesti samat, jolloin näistä vastuksista voidaan käyttää myös merkintää R2, kuten myös vastusten R3a, R3b, R3c, R3d resistanssit 20 ovat keskenään olennaisesti samat, jolloin näistä vastuksista voidaan käyttää myös merkintää R3. Oletetaan vielä, että kondensaattoreiden C1a, C1b, C1c, C1d kapasitanssit ovat keskenään olennaisesti samat, jolloin selvyyden vuoksi voidaan näistä kondensaattoreista käyttää myös merkintää C1. Kaistanpäästösuodatimen kaistanleveys 25 määräytyy vastuksen R1 ja kondensaattorin C1 perusteella. Vastaavasti kaistanpäästösuodatimen (resonaattorin) keskitaajuus määräytyy vastuksen R3 ja kondensaattorin C1 perusteella. Hyvysarvo Q voidaan ilmaista vastusten R1, R3 ja kondensaattorin C1 avulla seuraavasti: $R3C1/R1C1=R3/R1$. Hyvysarvo on siis riippumaton 30 kondensaattorin C1 kapasitanssista eli hyvysarvo on vakio vastusten R1, R3 ollessa muuttumattomia. Kompleksisen suodattimen raja-taajuus ja vahvistus määräytyy vastusten R1a, R2a; R1b, R2b; R1c, R2c; R1d, R2d ja kondensaattorin C1a, C1b, C1c, C1d arvojen perusteella. Vastaavasti suodattimen keskitaajuus määräytyy vastuksen R3a, R3b, R3c, R3d ja kondensaattorin C1a, C1b, C1c, C1d 35 perusteella. Kuvan 4 mukainen suodatin 5 on järjestetty säädetäväksi esim. käytämällä aktiivista RC-suodatintekniikkaa siten, että

8

- kondensaattori C1a, C1b, C1c, C1d on säädetävä kondensaattori, jonka kapasitanssia voidaan muuttaa. Eräänä toisena vaihtoehtona on se, että suodattimen 5 yhteyteen on järjestetty joukko kondensaattoreita, joista voidaan valita kulloinkin tarvittavat kondensaattorit.
- 5 Tässä vaihtoehdossa kondensaattoreiden kapasitanssit on painotettu sopivimmin kahden potensseissa, eli esim. neljää kondensaattoria käytettäessä yhden kondensaattorin kapasitanssi on 1C (C on esim. 1 pF), toisen kondensaattorin kapasitanssi on 2C, kolmannen kondensaattorin kapasitanssi on 4C, ja neljännen kondensaattorin kapasitanssi on tällöin 8C. Tällöin on kaikilla valintakombinaatioilla mahdollista aikaansaada kapasitanssin säätöalue 0—15C yhden C:n portain. Kapasitanssien valinta voidaan tällöin toteuttaa n-kappaleella binäärisiä valintalinjoja, missä n=valittavissa olevien kondensaattoreiden määrä.
- 15 Molempien suodatinlohkojen 5a, 5b tulisi sähköiseltä toiminnaltaan olla mahdollisimman identtiset, ettei kvadratuurisignaaleihin aiheudu keskinäistä vääritymistä. Tällöin eri suodatinlohkoissa 5a, 5b toisiaan vastaavien komponenttien, erityisesti vastusten ja kondensaattoreiden 20 tulisi olla mahdollisimman identtiset. Integroiduissa piireissä tämä seikka voidaan huomioida pürin geometrisessa suunnittelussa. Tällöin esim. vastusten R1a, R1b, R1c, R1d resistanssit ovat olennaisesti samat. Vastaavasti vastusten R2a, R2b, R2c, R2d resistanssit ovat keskenään olennaisesti samat ja vastusten R3a, R3b, R3c, R3d 25 resistanssit ovat keskenään olennaisesti samat. Lisäksi kondensaattoreiden C1a, C1b, C1c, C1d kapasitanssit ovat olennaisesti samat.
- 30 Seuraavassa selostetaan keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista menetelmää kuvan 3 mukaisessa vastaanottimessa 1, jossa käytetään kuvan 4 mukaista kompleksista suodatinta 5. Ohjauslohkosta 8 johdetaan valintasignaali valintalinjan 14 välityksellä kompleksiselle suodattimelle siinä vaiheessa, kun kompleksista suodatinta on tarkoitus säätää. Tällä valintasignaalilla asetetaan kytkin 35 10 asentoon, jossa kellosignaali johdetaan jakajapiirille 9. Jakajapiirissä 9 kellosignaalista muodostetaan kaksi samantajuista, mutta erivaiheista differentiaalista vertailusignaalia refl+, refl-, refQ+, refQ-.

- Nämä differentiaaliset vertailusignaalit refl+, refl-, refQ+, refQ-, ovat sopivimmin n. 90° vaihesiirrossa keskenään. Lisäksi kompleksisen suodattimen tulolinjojen yhteyteen on edullisesti järjestetty kytkinlohko 15, jolla voidaan valita kompleksiseen suodattimeen 5 johdettavaksi signaaliksi joko sekoittimen 3 muodostamat signaalit mixl+, mixl-, mixQ+, mixQ- tai jakajapiirin 9 muodostamat vertailusignaalit refl+, refl-, refQ+, refQ-. Kytkinlohkon kytkinten asentoa ohjataan edullisesti mainitulla valintalinjan 14 signaalilla.
- 5
- 10 Siinä vaiheessa, kun kompleksisen suodattimen säätö on tarkoitus suorittaa, jakajapiirissä 9 muodostetut erivaiheiset vertailusignaalit refl+, refl-, refQ+, refQ- johdetaan kompleksiseen suodattimeen 5. Kompleksisen suodattimen 5 ensimmäiseen differentiaalituloon inl+, inl- johdetaan jakajassa 9 muodostettu ensimmäinen vertailusignaali refl+, refl-. Vastaavasti kompleksisen suodattimen 5 toiseen differentiaalituloon inQ+, inQ- johdetaan jakajassa 9 muodostettu toinen vertailusignaali refQ+, refQ-. Sekoittimesta 3 tulevaa signaalia ei siis virityksen aikana johdeta suodatinlohkoihin 5a, 5b.
- 15
- 20 Oletetaan, että viritys suoritetaan pitämällä kellosignaalien taajuus olennaisesti vakiona ja säätämällä kondensaattoreiden C1a, C1b, C1c, C1d kapasitanssia. Jakajasta 9 syötetyt kellosignaalit suodatetaan kompleksisessa suodattimessa 5. Suodattimen virityksessä tutkitaan kompleksisen suodattimen 5 ulostulosignaalin 25 voimakkuutta. Ulostulosignaalina käytetään ensimmäistä differentiaalista lähtösignaalia outl+, outl- tai toista differentiaalista lähtösignaalia outQ+, outQ-, tai molempia. Ulostulosignaali johdetaan joko suoraan analogia/digitaalimuuntimelle 6, jolloin signaalivoimakkuus voidaan päättää suoraan ulostulosignaalistä otettavista digitaalisista 30 näytteistä, tai ulostulosignaali johdetaan ensin signaalivoimakkuus-indikaattoriille 7, jonka muodostama signaali muunnetaan digitaaliseksi analogia/digitaalimuuntimessa 6, jolloin signaalivoimakkuus voidaan päättää signaalivoimakkuusindikaattorin 7 muodostamasta signaalista otettavista digitaalisista näytteistä. Digitoidua signaalia tutkitaan 35 ohjauslokhossa 8. Tavoitteena on löytää yhden tai useamman kompleksisen resonaattorin sijainti. Tämän selvittämiseksi ohjauslohko 8 muuttaa virityslinjan 16 virityssignaalin arvoa. Tämän virityssignaalin

10

- arvoa muuttamalla muuttuu kondensaattorin C1a, C1b, C1c, C1d kapasitanssi. Tämä kapasitanssin muutos aikaansaa kompleksisen suodattimen 5 suodatinlohkojen 5a, 5b aikavakioihin muutoksen, jolloin kompleksisen resonaattorin paikka myös muuttuu. Ohjauslohko 8 vertaa tämän jälkeen virityksessä käytettävän signaalin arvoa aikaisempaan mittaustulokseen. Mikäli vertailu osoittaa, että signaalivoimakkuus kasvoi, oletetaan, että virityssignaalin muutos aiheutti oikeansuuntainen muutoksen kompleksisen resonaattorin sijainnissa. Kuvassa 2 on havainnollistettu tätä viritystä. Vertailusignaalin taajuutta esitetty katkoviivalla kohdassa ω_r ja kompleksista resonaattoria esittää viiva, joka on merkitty viitteellä pc. Kapasitanssiarvon muutos siirtää kompleksisen resonaattorin sijaintia taajuusakselin $j\omega$ suunnassa. Kuten kuvasta 2 voidaan havaita, muutos kohti vertailusignaalin taajuutta nostaa kompleksiselta suodattimelta ulostulevan signaalin voimakkuutta. Vastaavasti, jos virityssignaalin muuttaminen aikaansaa kompleksisen resonaattorin siirtymisen kauemaksi vertailusignaalitaajuudesta, pienenee kompleksiselta suodattimelta ulostulevan signaalin voimakkuus. Tällöin ohjauslohko 8 muuttaa virityssignaalin arvoa toiseen suuntaan, jolloin kompleksinen resonaattori siirtyy myös eri suuntaan kuin edellisellä virityssignaalin muutoksella. Tätä edellä esitettyä virityssignaalin muuttamista jatketaan niin kauan, kunnes signaalin voimakkuuden maksimi on löytynyt. Tämä maksimi ilmaisee oikean virityksen, eli kompleksinen resonaattori on asetettu olennaisesti vertailusignaalin taajuuden kohdalle. Tällä tavoin kompleksinen resonaattori saadaan haluttuun kohtaan, jos vertailusignaalin taajuus valitaan sopivasti. Toisaalta, vaikka virityksessä käytetyn vertailusignaalin taajuus ei vastaisikaan kompleksiselle resonaattorille haluttua sijaintia, voidaan vertailusignaalin avulla selvitettyä tietoa kompleksisen resonaattorin sijainnista käyttää kompleksisen resonaattorin virityksessä kohdaleen. Tämä voidaan tehdä esim. laskennallisesti, kun on tiedossa kompleksisen resonaattorin sijainti tietyllä virityssignaalin arvolla.
- Kondensaattoreina C1a, C1b, C1c, C1d käytetään edullisesti jännitteellä säädetäviä kondensaattoreita (varaktoreita), jolloin virityssignaalina käytetään jännitesignaalia. Tämä jännitesignaali voidaan

11

muodostaa sinänsä tunnetusti esimerkiksi digitaali/analogia-muuntimella (ei esitetty).

- Erääänä toisena vaihtoehtona viritykselle on se, että muutetaan 5 vertailusignaalin kellosignaalin taajuutta ja pidetään kondensaattorin C1 kapasitanssi muuttumattomana. Tällöin signaalin voimakkuuden perusteella voidaan päätellä se, millä kellotaajuudella signaalin voimakkuus on maksimissaan. Tämän tiedon perusteella voidaan selvittää kompleksisen resonaattorin sijainti ja suorittaa kompleksisen 10 suodattimen viritys määrittämällä kompleksisen resonaattorin sijainnin poikkeama tavoitesijainnista ja laskemalla tämän poikkeaman korjaamisessa tarvittava virityssignaalin arvo, edullisesti jännitemuutos virityslinjaassa 16, mikäli kondensaattoreina C1a, C1b, C1c, C1d käytetään jännitteellä säädettäviä kondensaattoreita. Vastaavasti 15 käytettäessä kondensaattoreina C1a, C1b, C1c, C1d vakiokapacitanssia kondensaattoreita ja valintakytkimiä, kuten MOS-kytkimiä (ei esitetty), virityslinjaan asetetaan halutun kapasitanssiarvon aikaansaava ohjaustieto, kuten n-bittinen binääriluku.
- On selvää, että edellä esitetty kaksi eri viritysmenetelmää voidaan 20 myös yhdistää, jolloin muutetaan sekä vertailusignaalin taajuutta että virityssignaalin arvoa.
- Vaikka edellä on esitetty vain yhden kompleksisen suodattimen 25 virittämistä, joka koostuu yhdestä kompleksisesta resonaattorista, voidaan keksintöä soveltaa myös sellaisten kompleksisten suodattimien 5 virityksessä, joissa on useampia kuin yksi kompleksinen resonaattori. Tällöin virityksellä pyritään löytämään signaalinvuomakkuudesta useampia maksimeita, mikäli kompleksiset resonaattorit on 30 viritetty eri taajuuksille. Toisaalta kompleksiset resonaattorit voidaan virittää myös olennaisesti samalle taajuudelle, jolloin pyritään löytämään yksi maksimikohta, joka ilmaisee näiden resonaattoreiden päästökaistan sijainnin. Keksinnön mukaista viritysmenetelmää 35 käytettäessä voidaan tällaisen kompleksisen suodattimen 5 suorituskykyä merkittävästi parantaa. Kompleksisen resonaattorin hyvyysluku on sitä korkeampi mitä korkeampi on yhden resonaattorin hyvyysluku ja mitä useampia resonaattoreita on peräkkäin Tämä tarkoittaa sitä,

12

että useampien kompleksisten resonaattoreiden hyvyysluku on korkeampi (parempi) kuin yhden kompleksisen resonaattorin hyvyysluku. Sellaisissa kompleksisissa suodattimissa 5, joissa on useita kompleksisia resonaattoreita, on viritys helpommin suoritettavissa, koska tällaisen kompleksisen suodattimen 5 ulostulosignaalin voimakkuuden vaihetut ovat suuremmat kuin sellaisessa kompleksisessa suodattimessa, jossa on vain yksi kompleksinen resonaattori.

Viritys voidaan suorittaa myös siten, että asetetaan virityssignaalin arvo aluksi ensimmäiseen raja-arvoon, esim. minimiarvoon. Tämän jälkeen kasvatetaan virityssignaalin arvoa ja mitataan kompleksisen suodattimen lähtösignaalin voimakkuutta. Näitä toimenpiteitä toistetaan, kunnes virityssignaali on saavuttanut toisen raja-arvon, esim. maksimiarvon. Virityksen aikana ohjauslohko 8 tutkii lähtösignaalin voimakkuutta eri virityssignaalin arvoilla ja tallentaa muistiin 17 sellaiset virityssignaalin arvot, joilla lähtösignaalissa oli maksimikohta. Tällä menetelmällä voidaan löytää kompleksisesta suodattimesta 5 useita kompleksisten resonaattoreiden päästökaistojen sijainti. Toisaalta useiden kompleksisten resonaattoreiden päästökaistojen etsimiseen voidaan käyttää useampia kuin yhtä virityslinja, jolloin kullekin virityslinjaalla voidaan virittää ainakin yksi kompleksinen resonaattori edellä esitettyä menetelmää soveltamalla.

Sen jälkeen kun suodatin on viritetty, asettaa ohjauslohko virityslinjaan 16 arvon, jolla kompleksisen suodattimen päästökaista asettuu haluttuun kohtaan. Vastaavasti useampia virityslinjoja käytettäessä kuhunkin virityslinjaan asetetaan arvo, jolla ao. kompleksisen resonaattorin päästökaista saadaan viritettyä kohdalleen. Ohjauslohko 8 asettaa vielä valintalinjan 14 tilaan, jossa valintakytkin 10 ei päästä kellosignaalia jakajapiirille 9. Lisäksi kytkinlohko 15 asetetaan tilaan, jossa kompleksiselle suodattimelle johdetaan sekoittimella 3 muodostetut signaalit mixL+, mixL-, mixQ+, mixQ-, minkä jälkeen vastaanotinta voidaan jälleen käyttää hyötsignaalin vastaanottoon.

35 Keksinnön mukaista virystä voidaan toistaa tarvittaessa. Viritys voidaan suorittaa esimerkiksi silloin, kun vastaanotin kytketään päälle. Viritys voidaan suorittaa myös määrävälein. Koska viritys voidaan

13

suorittaa myös vastaanottimen käytön aikana, voidaan vastaanottimen toiminta saada varmemmaksi. Lisäksi erilaiset valmistustoleranssien aiheuttamat eroavuudet ja lämpötilan vaihtelun muutokset voidaan kompensoida keksinnön mukaista viritysmenetelmää käytettäessä.

5

Keksinnön mukaista kompleksista suodatinta voidaan soveltaa lukuisissa erilaisissa elektronisissa laitteissa. Edellä esitetty vastaanottinsovellus on vain eräs, ei rajoittava esimerkki keksinnön mukaisen kompleksisen suodattimen käyttökohteista. Keksintöä voidaan soveltaa mm. langattomissa viestintälaitteissa, lyhyen kantaman radiotiedonsiirtovälineissä, joista eränä esimerkkeinä mainittakoon ns. Bluetooth-radiotiedonsiirtovälineet ja langaton lähiverkko (WLAN, Wireless Local Area Network). Keksintöä voidaan edullisesti soveltaa vastaanottimissa, joissa käytetään matalaa välitaajuutta. Tällöin sekoittimessa 15 4 signaali muunnetaan välitaajuussignaaliksi.

On selvää, että nyt esillä olevaa keksintöä ei ole rajoitettu ainoastaan edellä esitettyihin suoritusmuotoihin, vaan sitä voidaan muunnella oheisten patenttivaatimusten puitteissa.

20

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä suodattimen (5) virittämiseksi, jossa suodattimessa (5) on ainakin yksi muutettavissa oleva aikavakio, jolla mainitun ainakin yhden suodattimen päästökaistan (pc) sijaintia voidaan muuttaa, **tunnettua** siitä, että virityksessä suodattimeen (5) syötetään ainakin yksi vertailusignaali, ja suoritetaan ainakin yksi seuraavista:
 - muutetaan mainitun ainakin yhden vertailusignaalin taajuutta,
 - muutetaan mainittua ainakin yhtä suodattimen (5) aikavakiota,
- 10 10. jolloin menetelmässä lisäksi mitataan suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuutta, ja määritetään suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittauksen perusteella mainitun suodattimen päästökaistan (pc) sijainti.
- 15 15. 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettua** siitä, että menetelmässä etsitään mittausten perusteella ainakin yksi lähtösignaalin voimakkuuden maksimikohta.
- 20 20. 3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettua** siitä, että menetelmässä muutetaan mainitun vertailusignaalin taajuutta, kunnes ainakin yksi maksimikohta on löytynyt, jolloin mainitun vertailusignaalin taajuus mainitussa maksimikohdassa ilmaisee suodattimen päästökaistan (pc) sijainnin.
- 25 25. 4. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettua** siitä, että menetelmässä muutetaan mainittua ainakin yhtä suodattimen (5) aikavakiota, kunnes ainakin yksi maksimikohta on löytynyt, jolloin mainitun vertailusignaalin taajuus ja mainittu aikavakio mainitussa maksimikohdassa ilmaisevat suodattimen päästökaistan (pc) sijainnin.
- 30 30. 5. Jonkin patenttivaatimuksen 1—4 mukainen menetelmä, **tunnettua** siitä, että suodattimen (5) viritys suoritetaan automaattisesti.
- 35 35. 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, **tunnettua** siitä, että suodattimen (5) viritys suoritetaan väliajoin.

15

7. Jonkin patenttivaatimuksen 1—6 mukainen menetelmä, **tunnettu siitä**, että mainittuna suodattimena (5) käytetään kompleksista suodattinta.

5 8. Suodatin (5), joka käsittää ainakin yhden muutettavissa olevan alkavakion, jolla mainitun ainakin yhden suodattimen päästökaistan (pc) sijaintia voidaan muuttaa, **tunnettu siitä**, että suodatin (5) käsittää välineet (14, 15) ainakin yhden vertailusignaalin syöttämiseksi suodattimeen (5), ja välineet (outl+, outl-, outQ+, outQ-) suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittamaiseksi, jolloin mainitun suodattimen päästökaistan (pc) sijainti on järjestetty määritettäväksi suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittauksen perusteella.

15 9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen suodatin, **tunnettu siitä**, että se käsittää ainakin yhden kompleksisen suodattimen.

20 10. Elektroniikkalaite, joka käsittää ainakin yhden suodattimen (5), joka käsittää ainakin yhden muutettavissa olevan aikavakion, jolla mainitun ainakin yhden suodattimen päästökaistan (pc) sijaintia voidaan muuttaa, **tunnettu siitä**, että elektroniikkalaite käsittää lisäksi välineet (14, 15) ainakin yhden vertailusignaalin syöttämiseksi mainittuun suodattimeen (5), välineet mainitun vertailusignaalin ja mainitun ainakin yhden aikavakion välisen taajuussuhteen muuttamiseksi, ja välineet (outl+, outl-, outQ+, outQ-) suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittamaiseksi eri mainitun vertailusignaalin ja mainitun ainakin yhden aikavakion välisillä taajuussuhteilla, jolloin mainitun suodattimen (5) päästökaistan sijainti on järjestetty määritettäväksi suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittauksen ja mainitun vertailusignaalin ja mainitun ainakin yhden aikavakion välisen taajuussuhteen perusteella.

30 11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen elektroniikkalaite, **tunnettu siitä**, että se käsittää välineet (8, 16) ainakin yhden lähtösignaalin voimakkuuden maksimikohdan etsimiseksi mittausten perusteella.

35 12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen elektroniikkalaite, **tunnettu siitä**, että se käsittää välineet (8, 9) mainitun vertailusignaalin taajuuden

16

muuttamiseksi ainakin yhden maksimikohdan etsimistä varten, jolloin mainitun vertailusignaalin taajuus mainitussa maksimikohdassa ilmaisee suodattimen päästökaistan (pc) sijainnin.

- 5 13. Patenttivaatimuksen 11 mukainen elektroniikkalaite, tunnettu siitä, että se käsittää välineet (8, 16) mainitun ainakin yhden suodattimen (5) aikavakion muuttamiseksi ainakin yhden maksimikohdan etsimistä varten, jolloin mainitun vertailusignaalin taajuus ja mainitu aikavakio mainitussa maksimikohdassa ilmaisevat suodattimen päästö-
10 kaistan (pc) sijainnin.
- 15 14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen elektroniikkalaite, tunnettu siitä, että välineet (8, 16) mainitun ainakin yhden suodattimen (5) aika-
20 vakion muuttamiseksi käsittävät säädettävän kondensaattorin.
25 15. Patenttivaatimuksen 13 tai 14 mukainen elektroniikkalaite, tunnettu siitä, että välineet (8, 16) mainitun ainakin yhden suodattimen (5) aikavakion muuttamiseksi käsittävät ainakin yhden kondensaattorin, ja valintavälineet mainitun ainakin yhden kondensaattorin irrotettavasti kytkemiseksi mainittuun suodattimen (5) aikavakioon.
30 16. Jonkin patenttivaatimuksen 10—15 mukainen elektroniikkalaite, tunnettu siitä, että se käsittää välineet (8) suodattimen (5) virityksen suorittamiseksi automaattisesti.
35 17. Patenttivaatimuksen 16 mukainen elektroniikkalaite, tunnettu siitä, että välineet suodattimen (5) virityksen suorittamiseksi automaattisesti käsittävät välineet (2, 8) suodattimen (5) virittämiseksi väli-
 ajoin.
30 18. Jonkin patenttivaatimuksen 10—17 mukainen elektroniikkalaite, tunnettu siitä, että se käsittää ainakin yhden kompleksisen suodattimen.
35 19. Langaton viestintälaitte, joka käsittää ainakin yhden suodattimen (5), joka käsittää ainakin yhden muutettavissa olevan aikavakion, jolla mainitun ainakin yhden suodattimen päästökaistan

17

(pc) sijaintia voldaan muuttaa, **tunnettu** siitä, että langaton viestintälaitte käsittää lisäksi välineet (14, 15) ainakin yhden vertailusignaalin syöttämiseksi mainitun suodattimeen (5), välineet mainitun vertailusignaalin ja mainitun ainakin yhden aikavakion välisen taajuussuhteen muuttamiseksi, ja välineet (outl+, outl-, outQ+, outQ-,) suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittamiseksi eri mainitun vertailusignaalin ja mainitun ainakin yhden aikavakion välisillä taajuussuhteilla, jolloin mainitun suodattimen (5) päästökaistan sijainti on järjestetty määritettäväksi suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittauksen ja mainitun vertailusignaalin ja mainitun ainakin yhden aikavakion välisen taajuussuhteen perusteella.

20. Patenttivaatimuksen 19 mukainen langaton viestintälaitte, **tunnettu** siitä, että se käsittää ainakin yhden kompleksisen suodattimen.

L3

(57) Tiivistelmä

Keksintö koskee menetelmää suodattimen (5) virittämiseksi. Suodattimessa on ainakin yksi muutettavissa oleva aikavakio, jolla mainitun ainakin yhden suodattimen päästökaistan (pc) sijaintia voidaan muuttaa. Menetelmässä mainittuun suodattimeen (5) syötetään ainakin yksi vertailusignaali, ja muutetaan mainitun ainakin yhden vertailusignaalin taajuutta, ja/tai muutetaan mainittua ainakin yhtä suodattimen (5) aikavakiota. Menetelmässä lisäksi mitataan suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuutta, ja määritetään suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittauksen perusteella mainitun suodattimen (5) päästökaiston sijainti.

Fig. 2

L4

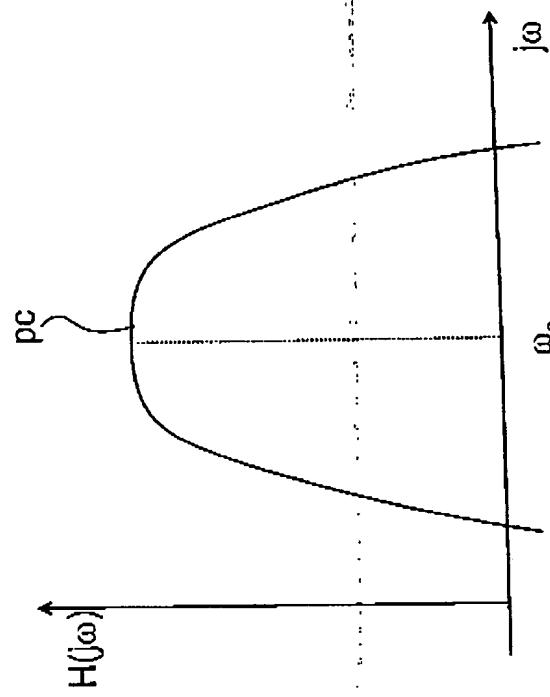


Fig. 1b

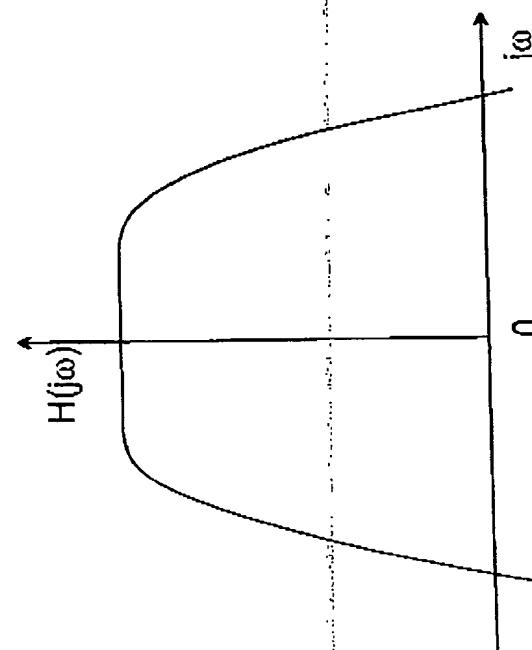


Fig. 1a

L4

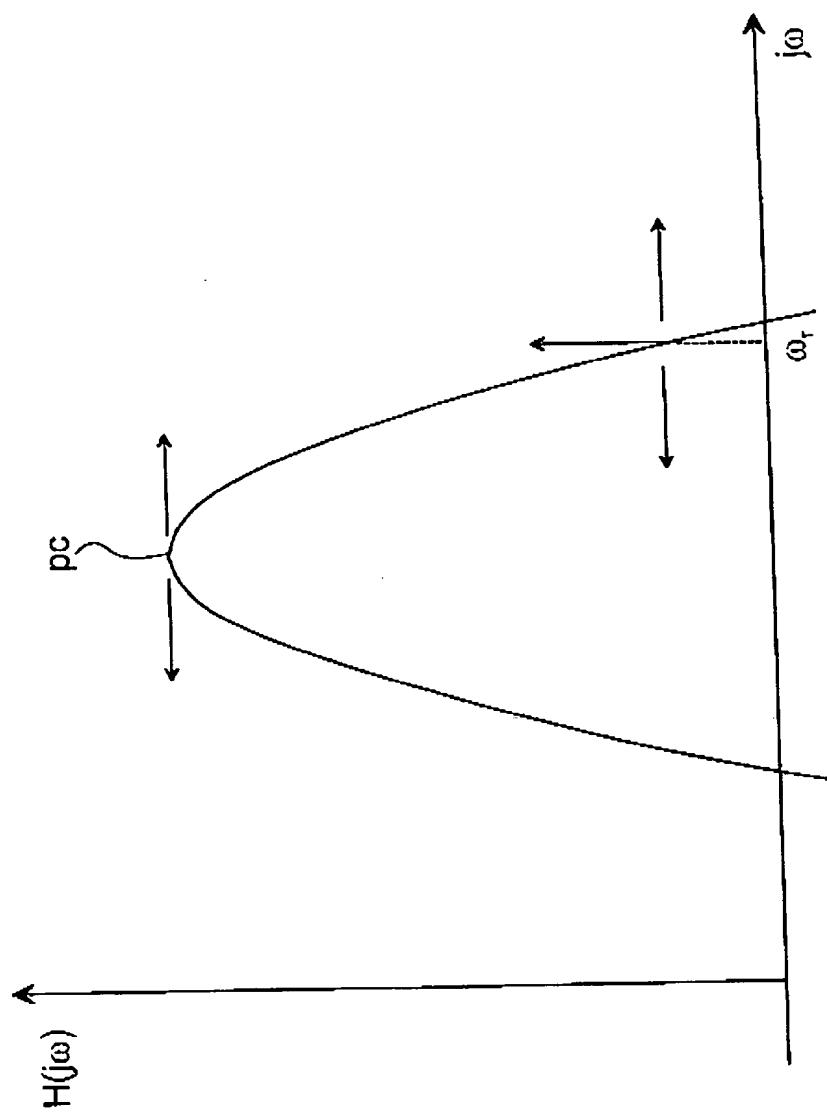


Fig. 2

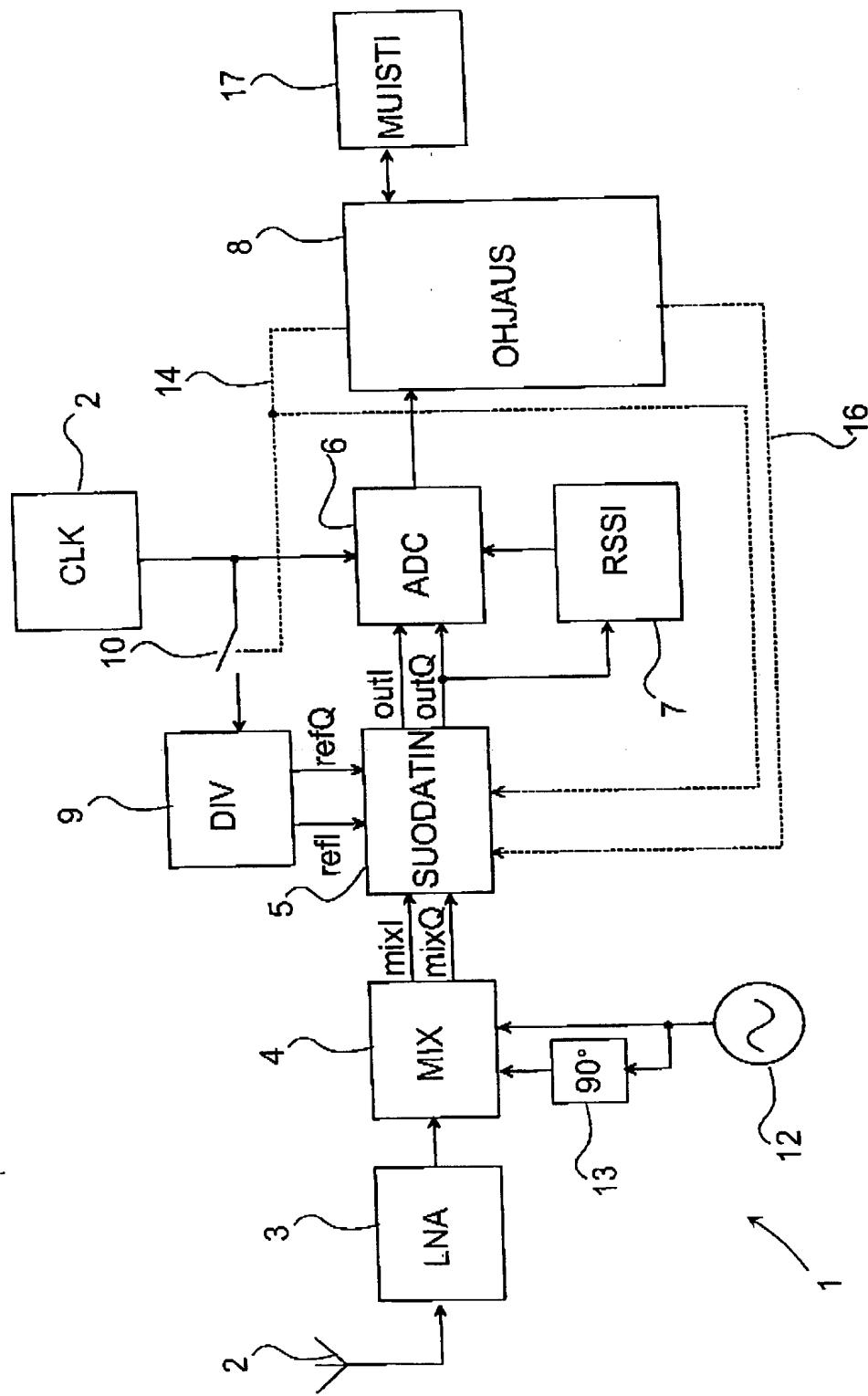


Fig. 3

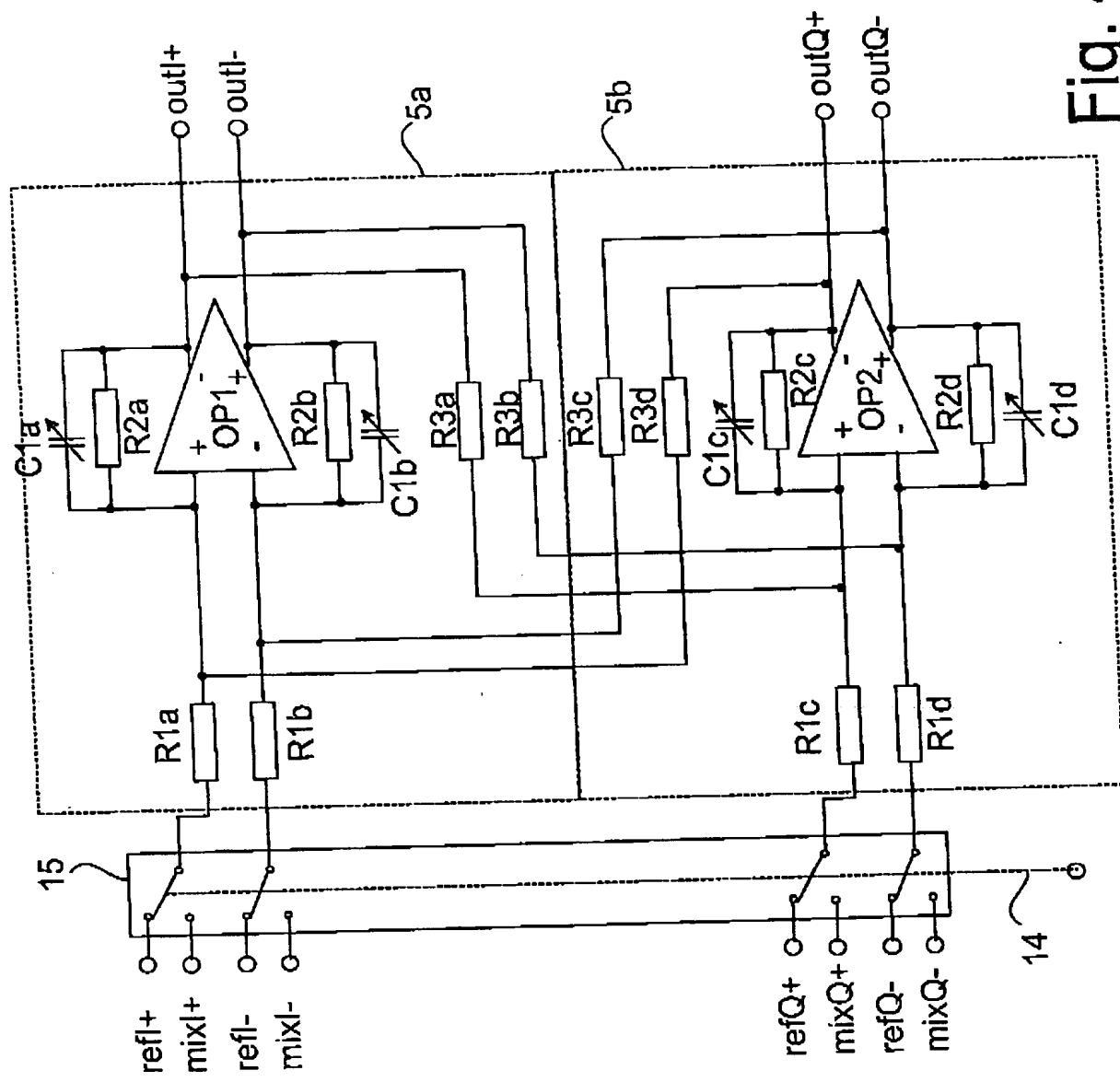


Fig. 4